

Международная научно-практическая конференция  
«Актуальные проблемы современного машиностроения»

10,0 мм, а максимальной была при фракции 3,0-10,0мм; в «чипсовом» варианте фракция 1,0-15,0 оказалась лучше по сравнению с 1,0-10,0мм;

- при проведении опытов необходимо контролировать химический состав каждой плавки, в том числе – обязательно по алюминию; желательна знать содержание в готовом металле Ca, Ti, N, PЗМ и др. При использовании в составе модификатора нескольких активных элементов оптимальная величина концентраций алюминия может смещаться по сравнению с немодифицированной сталью;

- при наличии в ковше кислого или окисленного основного шлака, при выпуске плавки в несколько разливочных ковшей, при длительной выдержке металла в печи или в раздаточном ковше необходимо учитывать возможное изменение по содержанию алюминия и газов в металле начала и конца разливки [7], что может привести к нестабильности результатов модифицирования.

Литература.

1. Гольдштейн Я.Е., Мизин В.Г., «Модифицирование и микролегирование чугуна и стали», М. «Металлургия», 1986, 271 с.
2. Шуб Л.Г., Макаров В.В., Лялин О.П., Усманов Р.Г., «Десульфурация стали 25Л с помощью комплексных модификаторов с РЗМ», Литейное производство, №3, 2003, с. 30-31.
3. Белов Б.Ф., Троцан А.И., Бродский И.Л. и др., «Снижение флокеночувствительности конструкционной стали, микролегированной церием», Metallurg, №9, 2004, с. 40-41.
4. Зинченко В.Г., Судоргин И.В., «Внепечная обработка валковой стали комплексными модификаторами», В сб. «Современные проблемы электрометаллургии стали», Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004, с. 127-128.
5. Голубцов В.А., Воронин А.А., Тетюева Т.В. и др., «Происхождение неметаллических включений и пути снижения загрязненности ими металла», Metallurg, №4, 2005, с. 73-77.
6. Зайцев А.И., Родионова И.Г., Бакланова О.Н. и др., «Разработка рекомендаций по освоению производства в ОАО «Северский трубный завод» стальных труб повышенной стойкости против локальной коррозии», В сб. «Коррозионно-активные неметаллические включения в углеродистых и низколегированных сталях», М.: Metallurgizdat, 2005, с. 67-81.
7. Шуб Л.Г., Макаров В.В., Лялин О.П., Усманов Р.Г. «Поведение азота в кислой индукционной печи», Metallurgia машиностроения, №5, 2003, с. 5-6.

**ИЗМЕНЕНИЕ СТАЛЬНОГО СЛИТКА МОДИФИЦИРОВАНИЕМ СТРУКТУРЫ**

*С.Н. Федосеев, асп., А.С. Шарафутдинова, ст. гр. 10В10*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

*E-mail: fedoseevsn@list.ru*

Одной из актуальных проблем металлургического производства является улучшение качества выпускаемой продукции и интенсификация производственных процессов. Разнообразие физических, химических, технологических и других свойств стали обуславливает широкую классификацию сталей по способам производства. Качество стали можно определить зависимостью содержания вредных примесей и неметаллических включений в расплаве, чем меньшее количество вредных примесей и неметаллических включений содержится в стали, тем ее качество выше. Необходимо увеличивать выход годного металла из слитка и, что особенно важно, повысить механические свойства литой стали. Например, увеличение срока службы труб в паровых котлах тепловых электростанций в большинстве случаев связано с решением проблемы повышения однородности слитка, как по структуре, так и по составу, и уменьшения загрязненности стали вредными примесями. Сложное легирование не всегда обеспечивает получение нужных свойств, поэтому исследователи пытаются улучшить качество сталей существующих марок воздействием на кристаллизацию и перекристаллизацию металла в процессе термической обработки и деформации. Во всех случаях качество деформированной и термически обработанной стали зависит от структуры и свойств слитка [1].

Следует отметить, что для повышения производительности при выплавке сталей рядовых марок приходится увеличивать размер изложниц и скорость разливки, что приводит к некоторому снижению скорости теплоотвода и во многих случаях к ухудшению качества слитка. Тенденция к повышению производительности наблюдается и при выплавке высоколегированных сталей,

неоднородность которых с увеличением размеров слитка возрастает в большей степени, чем при выплавке низколегированных. В связи с трудностями деформирования и более высокими требованиями, предъявляемыми к качеству проката, выход годного металла из слитка высоколегированных сталей и сплавов значительно уменьшается. Высокая стоимость легированного металла и сравнительно низкий выход годного вызывает необходимость уделять особое внимание повышению качества слитка.

Для улучшения качества слитка целесообразно использовать различные способы модифицирования. Под модифицированием стали или сплава в широком смысле этого слова понимают такое воздействие, при котором существенно изменяются структура и свойства при практически неизменном количестве основных компонентов. Модифицирование осуществляется малыми добавками растворимых и нерастворимых примесей.

Самым экономичным способом улучшения качества слитка следует считать модифицирование расплава растворимыми и нерастворимыми добавками, так как при этом не требуется дополнительного дорогостоящего оборудования. Вводимые в расплав малые добавки растворимых и нерастворимых примесей оказывают влияние на параметры кристаллизации, дислокационную структуру, дегазацию, образование неметаллических включений и вторичных фаз, ликвацию, изменение усадки, деформацию и скорость затвердевания корки слитка, а также на перекристаллизацию и рост зерна. В последнее время достигнуты большие успехи в использовании модификаторов для улучшения качества сталей и сплавов [2].

В решение вопроса о целесообразности модифицирования стали необходимо знать некоторые характеристики расплава и в первую очередь работу образования зародышей газовых пузырьков и центров кристаллизации. Работа образования кристаллических зародышей обуславливает склонность стали к переохлаждению, которое определяется составом и степенью чистоты кристаллизующейся стали. Вместе с тем выбор модификаторов и затравок связан с кинетикой их плавления, активностью и растворимостью в исследуемой стали.

Для определения оптимальной концентрации модификатора используют методы измерения поверхностного натяжения на границе жидкость – пар. С этой же целью изучают влияние модификаторов на коэффициент кинематической вязкости и на степень переохлаждения жидкой стали. По температурной зависимости кинематической вязкости и величине переохлаждения можно косвенно оценить взаимодействие инородных и основных атомов и степень активации и дезактивации нерастворимых примесей в расплаве. Последний вопрос слабо освещен в литературе, несмотря на его существенную роль при модифицировании слитка. Определяя температуру дезактивации примесей, можно установить склонность к зародышеобразованию в стали, подлежащей модифицированию, и активность затравки.

Работы по изучению влияния затравок с различной степенью совершенства структуры и плотностью дислокаций на качество выращиваемых монокристаллов и пленок полупроводниковых материалов представляют значительный интерес при обсуждении механизма модифицирования стали активированными или изоморфными нерастворимыми примесями. Еще больший интерес представляют работы по исследованию влияния дисперсности и распределения нерастворимых примесей на механические свойства композиционных сплавов, однако таких данных еще очень мало. Впервые исследовали влияние модификаторов на дислокационную структуру кремнистого железа. Скопление дислокаций и их блокирование примесями у границ зерен литого металла может привести к возникновению очень больших локальных напряжений, вызывающих образование трещин при деформации слитка. Модификаторы, взаимодействуя с примесями, должны, очевидно, способствовать более равномерному распределению дислокаций в кристаллизующемся металле.

Модифицирование стали включает в себя обоснованный выбор состава лигатуры, который может обеспечить решение поставленной задачи. К таким наиболее часто возникающим проблемам относятся устранение дефектов газоусадочного характера, снижение загрязненности отливок неметаллическими включениями, улучшение их механических свойств, повышение хладно- и жаростойкости литья и др.

В общем виде можно отметить, что введение в сталь кальция повышает ее жидкотекучесть, видоизменяет оксидные и сульфидные включения, улучшает пластические свойства отливок и др. Дополнение лигатуры барием приводит к повышению усвоения кальция и, соответственно, к усилению положительного воздействия последнего, хотя в ряде случаев отмечается эффективность использования одного бария (без кальция). Редкоземельные металлы не ухудшают жидкотекучесть

стали, снижают содержание в ней серы, эффективно модифицируют неметаллические включения, измельчают литую структуру отливок, ослабляют ликвационные процессы и чувствительность к водороду и т.д. Активные нитридообразующие элементы (титан, ванадий и др.) ослабляют отрицательное влияние повышенных концентраций азота, измельчают зерно, повышают прочностные характеристики отливок и т.д. [3].

Было установлено два типа воздействия модификаторов на структуру:

– Монотонное измельчение зерна с повышением содержания модификатора. При очень малых концентрациях влияние модификатора незначительно, а при концентрациях более 0,2–0,6% оно стабилизируется, поэтому обычно содержание модификаторов составляет 0,1–0,3%;

– Немонотонное измельчение зерна с областью оптимальной концентрации 0,01–0,1%, превышение которой приводит к увеличению размера зерна [4].

Влияние модифицирования зависит не только от количества вводимого модификатора, но и также от условий скорости охлаждения и последующей термической обработки сплава. Безусловно, эффект модифицирования зависит от активности вводимых добавок, окисленности, газонасыщенности, загрязненности металла, его физико-химических свойств, температуры расплава, длительности его выдержки в ковше и т.п. Поэтому при разработке сталей и сплавов, новых марок следует проводить систематические исследования с целью накопления достоверных данных для установления оптимальных концентраций технологических добавок.

Литература.

1. Шуб Л.Г. Рекомендации по модифицированию стали // Сб. докладов Литейного консилиума №2 «Теория и практика металлургических процессов при производстве отливок из чёрных сплавов» – Челябинск: Челябинский Дом печати, 2007 – с. 120.
2. Неймарк В.Е. Модифицированный стальной слиток // М.: Металлургия, 1977 – с. 200.
3. А.Н. Задиранов, А.М. Кац. Теоретические основы кристаллизации металлов и сплавов // Издательство Российского Университета дружбы народов – с. 228.
4. Крещановский Н.С., Сидоренко М.Ф. Модифицирование стали // М.: Металлургия, 1970 – с. 296.

## МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛАЗМЕННОЙ СВАРКИ ИЗЛОЖНИЦ ДЛЯ ВЫПЛАВКИ СЛИТКОВ ТИТАНА

Ю.Г. Новосельцев, к.т.н., доц., Д.С. Михайлова, ассистент, О.В. Баяндина, ассистент

Сибирский федеральный университет

660074, г. Красноярск, ак. Киренского 26, тел. (8391)-2912-562

E-mail: mtf.svarka@gmail.com

Изложницы кристаллизаторов для выплавки в вакуумных электродуговых печах слитков титана с целью изготовления космических аппаратов, для судостроения и т.д. изготавливаются, как правило, из хромовой бронзы БрХ08 с толщиной стенки 35–40 мм. Крупные габариты, хорошая теплопередача через стенку от расплавленного металла к охлаждающей воде, в процессе сварки создают проблемы интенсивного отвода тепла от зоны действия сварочной дуги по периферии металла. Вследствие этого обычные способы сварки не могут обеспечить нормальное расплавление бронзы и создание удовлетворительной сварочной ванны, что обусловило применение в качестве сварочного инструмента мощной плазменной дуги с температурой порядка 20000°C.

Объемное тепловложение в свариваемые кромки, высокая теплопроводность металла создали большие габариты сварочной ванны, в которой проходят различные металлургические процессы с участием конструкционного материала, присадка, защитного флюса и газов плазменной дуги.

Особенно заметную роль в данных процессах играет хром, находящийся в основном металле в пределах 0,8–1,2 %. При тангенциальном вводе плазмообразующего газа в плазмотроне, обеспечивающем стабильность плазменной дуги, образуе-

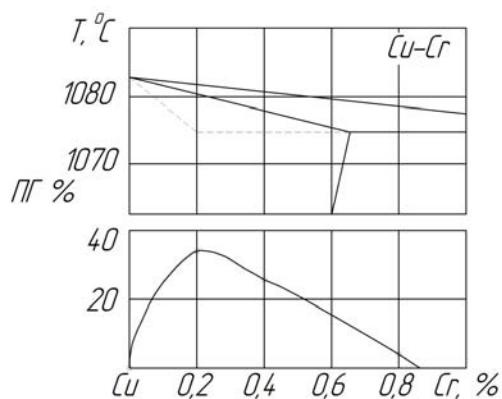


Рис. 1. Горячеломкость сплавов системы Cu-Cr [2, 3]